

Szczecin 09.01.2024r

prof. dr hab.inż. Zygmunt Meyer

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Katedra Geotechniki

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Artura Górala pt. „Sztuczne sieci neuronowe, wprost i sieci odwrotne jako narzędzia pomocnicze w numerycznych rozwiązaniach wybranych problemów interakcji grunt – struktura w geoinżynierii”

Pracę przygotowano na Wydziale Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej. Promotorem w tym przewodzie jest prof. dr hab. inż. Marek Lefik, a promotorem pomocniczym dr inż. Marek Wojciechowski. Praca napisana jest w języku angielskim. Moim zdaniem praca napisana jest poprawnym językiem angielskim. Również język techniczny jest poprawny.

1. Recenzje przygotowano na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej Prof. dr hab. inż. Dariusza Gawina (pismo z grudnia 2023r)

Przedmiot rozprawy usytuowany jest w dyscyplinie naukowej : Inżynieria Lądowa Geodezja i Transport.

Praca podzielona jest na 7 rozdziałów z podrozdziałami oraz rysunkami razem 150 stron. Pracę kończą wnioski program dalszych badań, spis literatury, bardzo obszerny 166 pozycji, oraz załączniki w których autor przedstawia wybrane wyniki praktycznych zastosowań proponowanej w rozprawie metody sieci neuronowej. Do pracy dołączone jest streszczenie w języku polskim.

2. Przedmiot rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest propozycja uzupełnienia metod numerycznych rozwiązań zagadnień mechaniki gruntów interakcji grunt fundament w tym celu aby w szerszym zakresie uwzględnić niejednorodność ośrodka gruntowego

oraz określić warunki brzegowe do rozwiązań numerycznych wykorzystując do tego metodę sieci neuronowych.

Zasady rozwiązywania równań różniczkowych fizyki matematycznej sformułował Leibnitz w 1852r. Stanowią one ,że oprócz równań konstytutywnych ośrodka gruntowego niezbędnym jest : określenie obszaru rozwiązania oraz wartości funkcji na brzegu obszaru. W chwili obecnej na rynku można nabyć komercyjne pakiety programowe które pozwalają na wykonanie obliczeń rozkładu naprężeń i odkształceń dla wybranych praktycznych przypadków. Natomiast budzi wątpliwości prawidłowe uwzględnienie w tych rozwiązaniach zasad które określił Leibnitz.

Z drugiej strony w ostatnich latach w matematyce sformułowano i rozbudowano metodę sieci neuronowych i analizy wykorzystania wyników badań eksperymentalnych do weryfikacji modeli mechaniki stosowanej.

A z tym zagadnieniem mamy do czynienia przy wykorzystaniu modeli konstytutywnych gruntu w rozwiązaniach inżynierskich. Z tego punktu widzenia Doktorant podjął się bardzo trudnego zadania przybliżenia wyników obliczeń głównie numerycznych zagadnień geoinżynierii do obserwowanych w praktycznych obliczeniach.

Tezę pracy Doktorant sformułował następująco :

Istnieje możliwość efektywnego wykorzystania metody sztucznych sieci neuronowych w zagadnieniach geotechniki inżynierskiej dla rozwiązań numerycznych zagadnień „wprost” i „odwrotnych” współpracy fundamentu z gruntem.

Zgodnie z tą tezą Doktorant konsekwentnie przedstawia problem wykorzystania wyników badań eksperymentalnych i ich wprowadzenie do rozwiązań uzyskiwanych przy pomocy metody elementów skończonych.

Podstawy teoretyczne stosowania sztucznych sieci neuronowych przedstawiono w rozdziale drugim. Koncepcja wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w problemach geoinżynierii stanowi podstawowe narzędzie analizy w rozprawie doktorskiej.

W kolejnym rozdziale trzecim przedstawiono klasy problemów w których można zastosować wprost metodę sztucznych sieci neuronowych oraz zagadnienia odwrotne.

W dalszej części pracy przedstawiono trzy studia

przypadków ważnych w praktyce geotechniki inżynierskiej. Studium pierwsze to zastosowanie metody sztucznych sieci neuronowych do zagadnienia krzywej próbnych statycznych obciążeń pali, krzywej Meyera – Kowalowa krzywą tą zaproponowaliśmy w roku 2010 jako obraz ciągłych zmian obciążenie w głowicy pala i osiadania pala. Krzywa ta w porównaniu do wcześniejszych prób przedstawionych w literaturze spełnia własności fizyczne tego zjawiska, dla małych obciążeń, liniowy związek zgodnie z równaniem Boussinesga oraz pionowa asymptota która reprezentuje osiadanie poza kontrolą dla obciążenia krytycznego. Dotychczasowe metody określania parametrów tej krzywej wykorzystywały zasadę najmniejszej sumy kwadratów odchyłek sformułowaną przez Gaussa. Doktorant zaproponował nową metodę określania parametrów tej krzywej z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. W porównaniu do pierwszej metody ta zastosowana przez Doktoranta posiada przewagę. Zwiększanie liczby danych pomiarowych powoduje, że sieć neuronowa „uczy się”. Otrzymane w ten sposób parametry umożliwiają lepsze dopasowanie krzywej M - K oraz możliwość weryfikacji przyjętego opisu tej krzywej. Ponadto w ten sposób uzyskujemy warunek brzegowy na poboczniczy pala oraz w podstawie, co jest niezbędne dla prawidłowego rozwiązania numerycznego problemu naprężenia, odkształcenia w gruncie. Kolejne praktyczne zagadnienie które może być opisane z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych to fizyczny opis współpracy nawierzchni drogowych oraz posadzek w halach przemysłowych z podłożem gruntowym. Ostatni przykład to zastosowanie proponowanej przez Doktoranta metody do weryfikacji modeli fizycznych uproszczonych. Jako przykład przyjęto znany w mechanice gruntów model Winklera.

Ważnym wnioskiem do jakiego Doktorant doszedł w rozdziale 6 jest stwierdzenie, że modele uproszczone współpracy fundamentu z podłożem gruntowym mogą być rozpatrywane z zachowaniem zasady superpozycji. Rozdział 2.3 przedstawia związki które zdaniem Doktoranta prowadzą do wykorzystania metody sztucznych sieci neuronowych do analizy tzw. „sztucznej inteligencji” Podstawowym elementem takiej analizy jest zdolność do uczenia się sieci neuronowej. Wynika to z faktu, że sztuczna sieć neuronowa może aproksymować : funkcję, funkcjonał oraz operator.

Kolejny rozdział 4.4 zawiera analizę możliwości wykorzystania krzywej M-K w celu określenia oporu pobocznic i podstawy pała. Doktorant przedstawił podstawowe równanie $S(N_2)$ w postaci odwrotnej $N_2 = N_2(S)$ i dla tej postaci równania sformułował postępowanie z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej w celu potwierdzenia hipotezy, że opór podstawowy i pobocznic równoważą obciążenie w głowicy pała. Wyrażam zadowolenie, że wcześniej sformułowany w moim zespole opis współpracy pała z gruntem jest przedmiotem dalszych badań i że znajduje potwierdzenie.

W rozdziale 5.2 Doktorant analizuje możliwość zastosowania opracowanej przez siebie metody sztucznej sieci neuronowej do zagadnienia współpracy sztucznej posadzek w halach przemysłowych z gruntem w przypadku podłoża uwarstwionego przy wykorzystaniu wyników badań eksperymentalnych z użyciem płyty dynamicznej.

Rozdział kolejny 5.4 przedstawia podsumowanie przykładów praktycznego zastosowania metody Doktoranta dla celów praktycznych obliczeń oraz wnioski.

Kolejny rozdział 6 zawiera analizę możliwości stosowania modeli uproszczonych w szczególności dla celów praktycznych obliczeń. Doktorant przedstawia metodykę postępowania w celu uzyskania modeli uproszczonych. Jako przykład Doktorant podaje analizę znanego z mechaniki gruntów modelu Winklera poprzez wykorzystanie w nim metody sztucznych sieci neuronowych.

3. Podsumowanie efektów badań naukowych przedstawionych przez Doktoranta w rozprawie doktorskiej.

3.1 Efekty badań dotyczą ważnego zagadnienia w mechanice gruntów i geoinżynierii : analizy poprawności prowadzenia obliczeń inżynierskich w oparciu o modele konstytutywne gruntów przy wykorzystaniu rozwiązań numerycznych. Kluczowym osiągnięciem Doktoranta jest zastosowanie metody sztucznych sieci neuronowych do weryfikacji modeli matematycznych gruntu oraz oceny poprawności parametrów stosowanych w tych modelach, na podstawie zbioru wyników eksperymentalnych uzyskiwanych w badaniach terenowych.

Według mojej wiedzy jest to pionierska praca naukowa która metodyką sztucznych sieci neuronowych wykorzystuje do praktycznych problemów

inżynierskich. To osiągnięcie naukowe uznaję jako nowość naukową którą praca doktorska powinna zawierać.

3.2 Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że Doktorant posiada głęboką wiedzę zarówno teoretyczną jak i praktyczną w reprezentowanej przez siebie dziedzinie wiedzy.

3.3 Doktorant wykazał się umiejętnością dostrzegania problemów naukowych, formułowaniem programów badawczych oraz umiejętnością ich rozwiązywania przy zastosowaniu złożonego aparatu matematycznego.

3.4 Wyniki badań naukowych przeprowadzonych przez Doktoranta posiadają duże znaczenie praktyczne w szczególności w prawidłowym opisie modeli obliczeniowych oraz parametrów występujących w tych modelach. Ma to znaczenie praktyczne w szczególności w bezpieczeństwie konstrukcji jak i optymalizacji kosztów.

3.5 Praca napisana jest w języku angielskim. Język używany jest poprawnie, również i określenia techniczne. Doktorant w ten sposób powiększa obszar zapoznania się z tą pracą w Europie i na świecie.

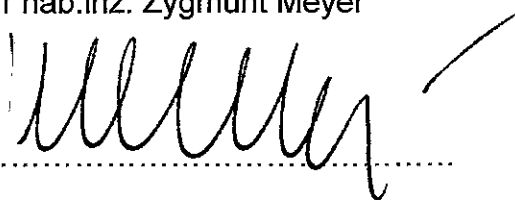
3.6 Wniosek końcowy.

Biorąc pod uwagę przedstawioną przeze mnie recenzję oraz sformułowane wyżej podsumowanie stwierdzam, że Rozprawa Doktorska mgr inż. Artura Górala pt.,, Sztuczne sieci neuronowe, wprost i sieci odwrotne jako narzędzia pomocnicze w numerycznych rozwiązaniach wybranych problemów interakcji grunt – struktura w geoinżynierii” spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim przez odpowiednie przepisy i wnoszę dopuszczenie jej do publicznej obrony.

3.7 Równocześnie biorąc pod uwagę uzasadnienie przedstawione w pkt 3.1 Recenzji wnoszę o jej wyróżnienie.

Szczecin 9. styczeń 2024r

prof.dr hab.inż. Zygmunt Meyer



.....